JOSIP MOKROVIĆ

KAKO NASTAJU POTRESI

KNJIŽNICA „PRIRODE"
HRV. PRIRODOSLOVNOG DRUŠTVA

1962

JOSIP MOKROVIĆ

KAKO NASTAJU POTRESI

NAKLADNI ZAVOD HRVATSKE
ZAGREB 1946

KNJIŽNICA „PRIRODE"
HRV. PRIRODOSLOVNOG DRUŠTVA

4

JAPANSKI POTRES 1. RUJNA 1923

God. 1923. u japanskoj je industriji radilo oko 2 milijuna radnika. Vrijednost prerađenih sirovina u toj godini iznosila je 8 milijardi japanskih jena. 1. rujna te godine desio se u Japanu potres, koji je u samom Tokiju razorio oko 10.000 kuća. Pola sata poslije potresa na 136 zasutih ognjišta razvio se požar. Oluja i vrtložni vjetrovi raspirili su vatru te je brzo proširili i na drvene kuće. Nastali su pustošni požari na 212 mjesta, od kojih je samo na 40 u pravo vrijeme pošlo za rukom pogasiti vatru. Na području od 36 km² požar je u Tokiju razorio 366.262 kuće. Osim toga, potres je razorio i 277 mostova, od kojih je 246 također bio zahvatio plamen. Položaj tokijskog stanovništva bio je očajan; bijeg preko porušenih i zapaljenih mostova bio je nemoguć. Ogroman broj onih, koji su se pokušali spasiti prelazom preko rijeka, utopili su se u njihovim rukavima i lučkim zatonima; 58.000 ljudi usmrtio je požar.

Na otvorenom tokijskom trgu od 100.000 m², u gradskom predjelu Honzio kod vojnog odjevnog zavoda, zbilo se 40.000 bjegunaca sa svom spasenom prtljagom tako gusto, da se jedva koji od njih mogao micati. Promjenljivi vjetrovi silnom su snagom razbuktali požar, i do 4 sata poslije podne vatra se sa tri strane približila trgu. Bijeg na četvrtu, još nezahvaćenu, stranu sprečavao je jedan rukav rijeke, tako da se samo 2000 ljudi preko vode moglo spasiti. Za to vrijeme, uz silnu vrućinu požara, mnogi su

se bjegunci zadušili u dimu. A kad se iznenada još spustila i gusta kiša užarenih iskara, sva je zapaljiva prtljaga planula vatrom; 38.000 ljudi izgorjelo je na tom trgu.

Jednom kosom dolinom, 150 m širokom i 6 km dugom, u vremenu od pet minuta propuzalo je, ili bolje reći, proteklo je za ovog potresa oko milijun kubičnih metara zemlje. Na izlasku iz te doline ova je zemlja zasula selo Nabukava sa 700 stanovnika, razorila željezničku postaju i sa sobom povukla jedan osobni vlak sa željezničkim osobljem i svim putnicima, što su se u njemu nalazili.

U gradovima Tokiju i Yokohami te njihovoj okolici taj je potres od česti razorio 126.000 kuća, a 576.000 kuća potpuno sravnio sa zemljom, bilo neposredno samom trešnjom tla ili požarom, koji je nastao u zasutim ruševinama. Pri tom je životom stradalo, odnosno bilo teško ranjenih ili izgubljenih, oko 247.000 ljudi. Osim toga je potresom uzbibano more, koje je silnom vodenom snagom bilo provalilo razmjerno daleko na kopno, otplavilo još 900 kuća. U ovako uzbibanom Sagami zatonu — koji leži uz Tokio i Yokohamu, i u kojem se, 100 km jugozapadno od Tokija, nalazilo žarište potresa — zaostao je golem broj riba iz duboka mora, jer se zbog ozlijeđenog plivaćeg mjehura od udarca potresa više nisu mogle vratiti u dubinu.

Šteta, što ju je navedeni potres prouzročio u potresenom području, iznosila je pet i po milijardi japanskih jena, a to odgovara vrijednosti industrijskih produkata, što ih je izvelo spomenutih 2 milijuna radnika u prvih osam mjeseci te godine.

Neposredno prije potresa obično se čuje neka duboka, mukla, podzemna tutnjava tako duboka, da je dosta puta svako uho gotovo i ne čuje. Kod u m j e r e n i h potresa ta tutnjava prelazi onda u brzo drhtanje tla, onako od prilike, kao kad mimo nas po hrapavu putu prolaze teško natovarena kola. Koju sekundu kasnije ovo podrhtavanje tla postepeno prestaje, a samo katkada zaostaje za njim još prije započeta tutnjava. Pri slabim pak potresima može drhtanje tla biti čak i tako slabo, da ga jedva tko i zamjećuje, a većinom se od ovakvih potresa katkada čuje samo slaba tutnjava. No pri j a k i m potresima mogu nastupiti i teške posljedice, pak onda bude oštećenih i razrušenih kuća, pri čemu mogu stradati i mnogi ljudi, dok se pri n a j j a č i m potresima mogu pojaviti čak i izvjesne promjene u samom tlu.

Ako se žarište potresa nalazi na dnu oceana ili blizu morske obale, udarci se potresa prenose i na morsku vodu. Zbog toga se u moru razvijaju translatorni (prenosni) valovi, koji vodenu masu prenose na drugo mjesto.

Budući da duljina ovih valova iznosi 100 do 1000 km, a njihova se visina na otvorenu moru kreće od tek nekoliko centimetara do najviše 2 m, brodovi ih na otvorenu moru i ne zamjećuju. No brzina rasprostiranja tih valova ovisi o dubini mora. Što je manja dubina mora, to je manja i brzina rasprostiranja vodenih valova. Kako pak pri usporavanju tih valova i njihova duljina postaje manja, to se vodena masa ne može više horizontalno razviti, pa visina vala postaje veća. Budući pak da more prema obali općenito postaje pliće, to se bliže obali nagomilavaju sve veće količine vode, koja se zbog toga, što je spriječena da dalje napreduje, katkada skupi u čitava . odena brda. Tako

su se ovakva vodena brda na istočnoj obali Japana uzdigla mjestimice kadgod i do 30 ili 40 m visoko. Jasno je onda, da ta silna voda, kad se ogromnom snagom sruši na kopno, proguta sve, do čega dospije. Prema japanskom jeziku ovakvi se pojavi zovu t u n a m i, što znači: dugi valovi u luci. U ovakvim tunamima propali su već mnogi mali lučki gradovi Japana.

Jedan osobito težak pojav tunamija dogodio se u Kamaišiju na sjeveroistočnoj obali japanskog otoka Hondo za potresa 15. lipnja 1896. U doba potresa vladale su tamo normalne vremenske prilike, ali neobično niska oseka. No za potresa pojavila se seizmička plima 15 m visoka, koja je porušila i uništila ili sa sobom otplavila sve, do čega je dospjela. U vremenu od 5 minuta ona je razorila 7600 kuća, usmrtila 27.000 ljudi, a 5000 bilo ih je ranjeno. Osim 18 čamaca, tunami je bacio 450 m daleko na kopno i jedan jedrenjak od 200 tona.

Kako je pak požar strahovit pratilac jakih potresa, vidjeli smo pri opisanom japanskom potresu od 1. rujna 1923.

Ako sada uočimo ovdje navedene strahote velikih potresa, onda nam postaje jasno, da i sve spominjane katastrofe starog vijeka nisu nikakve biblijske bajke, nego i naučno utvrđene povijesne činjenice.

JAKOST POTRESA

Jakost potresa na pojedinim položajima potresnog područja određuje se prema vidljivim i zamjetljivim učincima potresa na površini Zemlje. Budući da izvjesni srodni učinci potresa među sobom čine neku cjelinu, to se oni udružuju u pojedine skupove, koji pripadaju u isti s t u-

p a n j j a k o s t i p o t r e s a. Ti stupnjevi, svrstani slijedom rastućih učinaka, čine onda l j e s t v i c u j a k o s t i p o t r e s a. U najnovije doba pretežno se upotrebljava Mercalli-Siebergova ljestvica sa 12 stupnjeva, koju ovdje donosimo u skraćenom obliku, i gdje su stupnjevi jakosti označeni rednim brojem.

1. *Nezamjetljiv* potres. Pokazuju ga samo seizmografi (sprave za bilježenje potresa).
2. *Vrlo lagan* potres. Zamjećuju ga samo pojedine mirne i vrlo osjetljive osobe, i to gotovo isključivo u višim katovima kuća.
3. *Lagan* potres. Zamjećuje ga samo malen dio pučanstva u unutrašnjosti kuća.
4. *Umjeren* potres. U kućama zamjećuje ga velik dio stanovnika, a na otvorenom prostoru samo nekoje osobe. Tresu se vrata i pokućstvo, zveče prozori, staklenina i posuđe kao pri prolaženju teških teretnih kola po hrapavu putu. Od onih, koji spavaju, nekoji se probude.
5. *Prilično jak* potres. Zamjećuju ga vrlo mnogi i kraj punog danjeg prometa na ulicama ili gdjegod na otvorenom prostoru. Predmeti, što slobodno vise, počnu se njihati, ure njihalice se zaustavljaju. Slike klopkaju po zidu ili se pomiču. Pojedini manji predmeti mogu se prevaliti. Vrata i prozorski kapci otvaraju se ili zatvaraju. Oni, koji spavaju, općenito se bude; pojedinci bježe na otvoren prostor.
6. *Jak* potres. Sa strahom ga zamjećuju svi, pa mnogi bježe na otvoren prostor. Slike padaju sa zidova, knjige i neke druge stvari ruše se, posuđe se razbija. Komadi pokućstva pomaknu se sa svog mjesta ili se prevrnu. Manja crkvena zvonca zazvone.

Na pojedinim dobro građenim kućama nastaju lagane štete.

7. *Vrlo jak* potres. Radi rušenja i razaranja većeg broja već težih predmeta nastaju znatne štete na namještaju stanova. Zazvone i veća crkvena zvona. Umjerene štete na većem broju dobro građenih kuća. Crepovi se lome i kližu s krova, mnogi dimnjaci budu oštećeni. Pojedina razaranja na slabo građenim kućama.
8. *Razoran* potres, koji jako oštećuje oko četvrtinu kuća; pojedine kuće se ruše, a mnoge postaju nesposobne za stanovanje. U mokru tlu i na strmim obroncima nastaju pukotine.
9. *Pustošan* potres. Oko polovice zidanih kuća bude jako oštećeno, mnoge se sruše, a većina od njih postanu nesposobne za stanovanje.
10. *Uništavajući* potres, koji teško oštećuje oko tri četvrtine zgrada, a većina od njih se sruše. U labavu i napose u vlažnu tlu nastaju pukotine široke po nekoliko decimetara. U labavu tlu od pećinskih se obronaka odronjava zemlja, a mogu se otkidati pojedini dijelovi i samih pećina.
11. *Katastrofalan potres,* koji ruši sve zidane zgrade. U tlu nastaju široke pukotine, iz kojih prodire voda nanoseći pijesak i mulj. Zemlja se odronjava, mnoge se pećine otkidaju i ruše u nizinu.
12. *Velika katastrofa.* Nijedna ljudska rukotvorina ne može više opstati. Tlo potpuno preobražuje svoj izgled: nastaju vodopadi, jezera se zatrpavaju, a rijeke mijenjaju svoja korita.

Za jakost potresa, koji se zamjećuju na površini mora (na lađama, čamcima i brodovima) te za podzemne tutnjave i seizmičke plime izrađene su posebne ljestvice.

Najjači do danas poznati potres, koji je dosegao 12. stupanj jakosti, nastupio je 16. prosinca 1920. u kineskoj provinciji Kan-su na sjevernoj strani srednjega Tibeta, gdje je svuda okolo Ping-lianga pustošio u krugu s polumjerom od 500 km dužine.

ŠTA SE PRIJE MISLILO O POTRESIMA

Za potrese znamo već iz Staroga vijeka. God. 2200. pr. naše ere od potresa je stradao Per-Bastë (Tell Basta) u Egiptu, a oko god. 1900. pr. naše ere poznata je katastrofa Sodome i Gomore. Iza toga znamo za čitavi niz velikih katastrofa, ali prva razmatranja o postanku potresa počela su tek u doba starih grčkih filozofa.

U 7., 6. i 5. stoljeću pr. naše ere grčki su filozofi tumačili, da potresi nastaju od urušavanja raznih podzemnih šupljina. No već u 5. stoljeću pr. naše ere Demokrit je postanak potresa tumačio dizanjem i spuštanjem pojedinih dijelova zemlje, dok je Aristotel u 4. st. naše ere uzrok potresa nalazio u ekspanzivnoj sili vjetra odnosno plinova i para zatvorenih u prije spomenutim šupljinama. Uz ovu Aristotelovu nauku pristajali su onda i kasniji rimski pisci do 1. stoljeća naše ere. No još je prije Demokrita Anaksimandar, a i Pausanije u 2. st. naše ere, dovodio potrese u vezu s velikom sušom i dugotrajnim kišama.

Sve do 18. st. naše ere ti se nazori o postanku potresa nisu promijenili. Tek u 18. st. počele su se javljati i razne druge teorije, koje su potrese dovodile u vezu bilo s električnim izbijanjima u atmosferi, bilo s nekim izgaranjima i rastavljanjima kemijskih elemenata u unutrašnjosti Zemlje, ili su se pripisivali utjecaju polarne svjetlosti i promjenama zemaljskog magnetizma. Uz ova tumačenja ušle

su onda još u 19. stoljeće i sve prije spomenute hipoteze (nagađanja) starih grčkih i rimskih filozofa od 7. st. pr. naše ere do 2. st. naše ere. No u 19. stoljeću pojavile su se i druge nove teorije o postanku potresa.

Prije svega, u ovo je stoljeće bila prodrla i starogrčka hipoteza, po kojoj bi u unutrašnjosti Zemlje unaokolo protjecala neka vatrena rijeka, što su je Grci zvali »pyriphlegeton«. S tim u vezi Humboldt i Neumann bili su početkom 19. st. postavili t. zv. »dihotomsku« ili »vulkansko-plutonsku« klasifikaciju potresa, a zatim su bili zasnovani i razni kozmički utjecaji na taj »pyriphlegeton«. Tako je god. 1863. Emil Kluge postavio svoju »astronomsko-geološku« hipotezu, po kojoj bi Sunčeve pjege utjecale na razvitak potresa i vulkanskih pojava, dok bi po t. zv. »astralnoj« hipotezi svako svemirsko tijelo imalo djelovati na te pojave.

Najjači odraz ovakvih naziranja o postanku potresa nalazimo međutim u Falbovoj hipotezi o lunarnom ili Mjesečevu utjecaju na pojavljivanje potresa, koja se osniva na izmjeničnom djelovanju Sunca i Mjeseca. Falb je, naime, god. 1869. počeo uvjeravati, da bi, prije svega, broj potresa imao biti veći, dok je Mjesec u perigeju (najbliže Zemlji), a naprotiv manji, dok se Mjesec nalazi u apogeju (najvećoj udaljenosti od Zemlje). Osim toga, da bi najveći broj potresa imao biti za t. zv. sicigija, t. j. dok se Mjesec nalazi sa Suncem u konjunkciji (između Zemlje i Sunca) ili u opoziciji (Zemlja između njih), dakle za mlađa i uštapa. Najmanje potresa, naprotiv, imalo bi se po Falbu javljati za Mjesečevih kvadratura, t. j. za njegove prve i zadnje četvrti.

Kao posljednji od učenjaka uz pyriphlegetonsku nauku pristajao je i poznati hrvatski geolog Đuro Pilar. U svojoj »Abyssodynamici«, koju je napisao povodom velikog zagrebačkog potresa god. 1880., Pilar je postavio i svoju osebujnu »rhyakohypsnu« teoriju potresa (grčki rhyax = lava), po kojoj bi na tekućoj jezgri Zemlje plivale razlomljene ploče njezine kore. Potresi bi onda nastajali na taj način, što bi ploče, ograđene lomovima, koji konvergiraju (stječu se) prema dolje, nastojale još dublje uroniti u tekuću jezgru, dok bi ploče, ograđene lomovima, konvergentnima prema gore, radi, tobože, svoje manje težine, bile još više potiskivane na površinu Zemlje.

SEIZMOLOGIJA ILI NAUKA O POTRESIMA

Prve osnove naučnom proučavanju potresa postavili su u drugoj četvrti 19. stoljeća göttingenški geolog C. E. A. v. Hoff s geografsko-geološke, a engleski istraživač W. Hopkins i irski inžinjer R. Mallet s fizikalne strane. A. v. Hoff je najprije na osnovi poznatih podataka od god. 3460. pr. naše ere počeo proučavati geografsku razdiobu potresnih žarišta. Zatim je bečki geolog E. Suess god. 1875. osnovao nauku o poznavanju poremećenja u naslagama Zemljine kore, a R. Hoernes je ovoj nauci pridružio i rezultate istraživanja tektonske geologije. (Tektonika ili tektonska geologija je nauka, koja se bavi proučavanjem sastava Zemljine kore, te pomicanjem i poremećajima pojedinih njezinih dijelova.) Ovim radovima osnovano je geografsko i geološko istraživanje potresa ili *makroseizmika* (grčki: makròs = velik, seismos = potres). Njezina je prva zadaća ispitivati geografsku razdiobu potresnih žarišta, a onda prema toj razdiobi tražiti geološke uvjete za postanak potresa te odnošaj njihovih učinaka prema geološkom sastavu tla.

Kad se u prvoj polovici prošloga stoljeća počelo proučavati širenje valovitih gibanja u krutim elastičnim tije-

lima, njihova se teorija primijenila i na širenje valova potresa. Proučavanjem tih valova bavi se *mikroseizmika* (grčki: mikros = malen). Makroseizmika i mikroseizmika dva su glavna područja *seizmologije* ili nauke o potresima.

U ovoj knjižici iznijet ću samo rezultate makroseizmičkih istraživanja potresa.

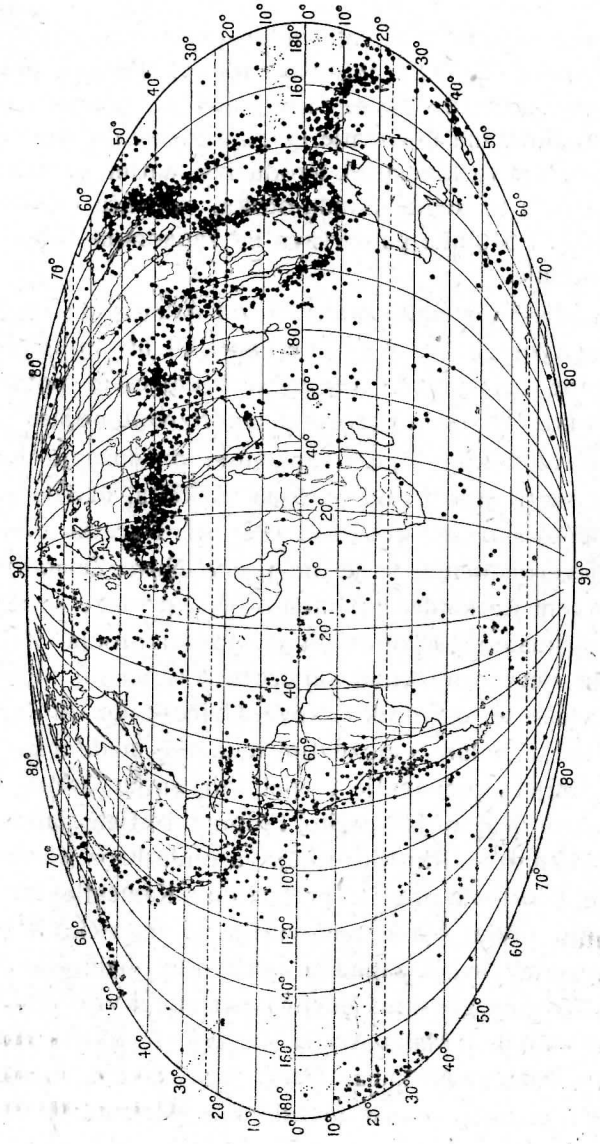
GEOGRAFIJA POTRESNIH ŽARIŠTA ILI SEIZMOGEOGRAFIJA

Seizmologija istražila je sve prije nabačene hipoteze o postanku potresa pak je našla, da nema nikakvih kozmičkih (svemirskih) ili atmosferskih pojava, koje bi se jednoznačno dale dovesti u sklad s pojavljivanjem potresa, te da prema tomu potresi nisu nikakva eksogenog (vanzemaljskog) podrijetla.

Međutim, proučavanje je geografskog rasprostranjenja potresnih žarišta pokazalo, da Zemlja seizmički nije svuda jednako podražljiva.

Prije svega, najveći dio kopna i mora slobodni su od potresa (aseizmični). Najveći pak broj potresa kao i najjači potresi vezani su — kako pokazuje slika 1 — samo na dva vrlo uska pojasa.

Počevši u Atlantskom oceanu kod Madeire i Kanarskih otoka te probijajući se kroz Gibraltar, prodire jedno ovakvo područje predjelima Sredozemnoga mora, zahvativši, napose, Apeninski (Italiju) i Balkanski poluotok, dalje prema Maloj Aziji. Nastavljajući se odavde preko Kavkaza i Armenskog visočja te gorskih lanaca u Iranu (Perzija), dolazi ono do srednjeazijskog gorskog čvora u Pamirskom visokom ravnjaku. Istočnim i sjeveroistočnim pravcem od Pamira odvaja se jedna manja uska pruga



Sl. 1 — Razdioba potresnih žarišta od 1913. do zaključno 1930. prema Ethel F. Bellamyjevoj

maksimalnog seizmiciteta, uglavnom, preko sustava Tienšana, dok njegov glavni nastavak ide od Pamira preko Himalaje na Asam, a odavde, savijajući se prema jugu, stiže preko Jün-nana te Gornje i Donje Birme do stražnjoindijskog otočja (arhipelaga). Produživši, zatim, protegom Sumatre i Jave te malih Sunda-otoka, zahvaća ono još otok Celebes i Moluke pa svršava na zapadnom rubu Pacifičkog oceana.

Sva ovdje spomenuta područja od Atlantskog oceana do Moluka tvore t. zv. mediteranski ili alpski pojas maksimalnog seizmiciteta (najjačih i najčešćih potresa) Zemlje. Preko 50% svih potresa pripada ovom pojasu.

Nekih 1300 km u jugo-zapadnom produženju Nove Zelandije, nešto južnije od Macquarie-otoka, utvrđeno je jedno podmorsko žarište jakih potresa. Počevši odavde sjevero-sjeveroistočnim smjerom preko Nove Zelandije, i dalje pravcem Kermadec i Tonga-otočja, proteže se drugi pojas maksimalnog seizmiciteta do Samoa-otočja. Zakrećući ovdje sjeverozapadnim smjerom kroz cijelu Melaneziju, provlači se on preko Nove Gvineje do Molučkih otoka, gdje se sudara s poznatim nam već mediteranskim pojasom. Mijenjajući ovdje i opet svoj smjer prema sjeveru, prelazi ovaj pojas preko Filipina i cijele japanske zone od Formoze i Riu-Kiu otočja, a onda kroz Kurile na Kamčatku. U oštrom pregibu prelazi on s Kamčatke u zonu Aleuta, pa se preko Alaske nadovezuje na američko kopno, koje je uz cijelu svoju zapadnu, pacifičku, obalu, karakterizovanu visokim gorskim lancima, seizmički vrlo aktivno. Područje Velikih i Malih Antila sastavni je dio toga potresnog (seizmičkog) lanca. T. zv. južni antilski luk najjužniji je član ovog pojasa maksimalnog seizmiciteta.

Obzirom na činjenicu, da ovaj seizmični pojas potpuno okružuje Pacifički ocean, naziva se on cirkumpacifički. Njemu pripada preko 45% svih potresa.

Ovima dvjema maksimalno seizmičnim pojasima Zemljine površine stoje nasuprot široka kontinentalna područja, na kojima su potresi vrlo rijetki, a većim dijelom i nepoznat pojav (područja su aseizmična).

Tako je u Evropi vrlo stabilna jezgra španjolske ploče, zatim irsko-engleski i francusko-njemački plošnjak s Fenoskandijom i prostranom ruskom pločom. Ova evropska aseizmičnost (bespotresnost) nastavlja se dalje u Aziju preko zapadne Sibirije i Kirgiske stepe, a onda zapadnim dijelom Istočne Sibirije od sjevernog kraja Bajkalskog jezera na jugu do poluotoka Tajmira na sjeveru. U južnom dijelu Azije potpuno su aseizmični: cijela Arabija, zatim jezgra Dekanske visoravni, te veći dio Stražnje Indije i otok Borneo. Isto vrijedi i za cijelu zapadnu polovicu Australije. Čitava Sahara sa Zavaljem Konga i Kalanari stepom, te poluotokom Somali na istoku Afrike, seizmički su također posve mirni. U Sjevernoj Americi cijela su sjeverna Alaska i čitavo Prerijsko područje istočno od Stijenjaka do Meksičkog zatona s poluotokom Floridom seizmički vrlo stabilni. Isto tako Kanadska masa s plosnato uleknutim Hudsonovim zaljevom i brojnim kanadskim otocima. Ovom području pripada onda još i ogromni trup Grönlanda. Napokon je sva Južna Amerika izvan Kordiljerskoga gorja, počevši od rijeke Orinoka do Ognjene zemlje, seizmički mirna (aseizmična).

Svi još preostali, ovdje ne navedeni, predjeli Zemljine površine predočuju t. zv. peneseizmična (polupotresna) područja, u kojima se potresi javljaju tek umjereno često i srednje su jakosti.

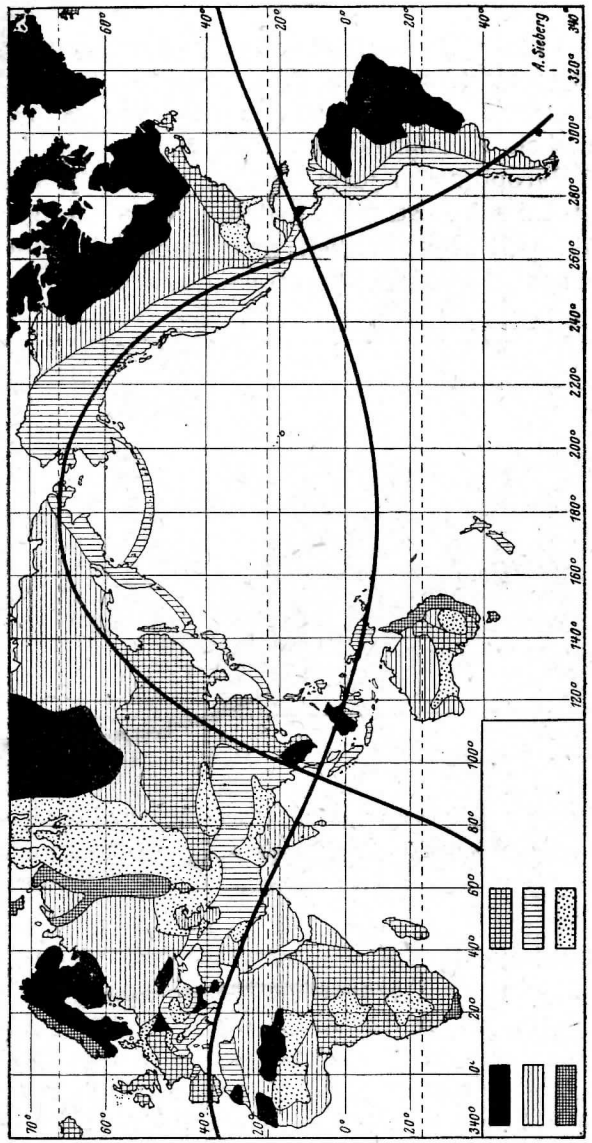
Od peneseizmičnih područja svojom se prostranošću osobito ističu predjeli Hindustana i Tibeta s obadvije strane Himalaje s pokrajinama u susjedstvu sjeverne Mongolije u Aziji. U Africi peneseizmično je tercijarno područje Atlasa na njezinu sjeverozapadnom rubu, a na istoku predjeli od Kapskoga gorja preko istočno-afričkih jezera do Crvenog mora i ušća Nila (t. zv. mozambički pojas). U Sjevernoj Americi osobito je istaknuto alapaško područje od južnoga kraja Allegheny-gorja do Zaljeva sv. Lovrinca s otokom New Foundlandom. U istočnom dijelu Australije peneseizmične su Australske Alpe s gorskim lancima sjeverno od Adelaide u Flinders-gorju.

Od svjetskih oceana Atlantski je seizmički znatno aktivniji u sjevernom dijelu svojeg praga nego u njegovu južnom dijelu. Jednako je slabo seizmičan i Indijski ocean. Naprotiv, dno Pacifičkog oceana, osim njegovih centralno položenih vulkanskih Hawajskih otoka i njegova jugoistočnog predjela, između Uskršnjih otoka i južnoameričke obale, predstavlja najširu aseizmičnu plohu Zemlje.

POTRESI I TEKTONSKI SASTAV ZEMLJE

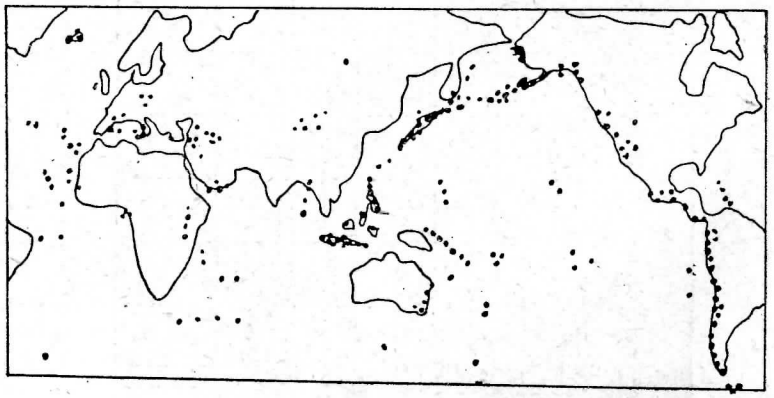
Usporedimo li sada geografski raspored potresnih žarišta s tektonskim sastavom Zemlje — kako ga prikazuje sl. 2 — onda dobivamo slijedeći pregled:

Uočimo li na ovoj karti sve posve crno označene plohe, vidimo, da one potpuno padaju u aseizmične predjele Zemlje. S tektonskog gledišta, to su slabo valovite, geološki stare, izvanredno krute i najjače učvršćene mase iz prastijenja, koje u današnjoj periodi čine jezgre kontinenata. T. zv. pločevine ili visoke ravnice, označene vodoravnim usporednim pravcima, upotpunjavaju ove plohe na



Sl. 2 — Tektonski sastav Zemlje prema A. Siebergu

aseizmična područja. Okrnjeni ostaci paleozojskoga gorja, t. zv. krnj-gorja (sitnije četvorine na karti), što još danas gorovito strše iznad svoje okoline (kao što je sjeverozapadna obala Skandinavskog poluotoka pa Uralsko područje u Evropi, zatim južni okrajak Kaplandije u Africi i cijeli istočni rub Australije), padaju u polja slabijih peneseizmičnih područja. Predjeli prolomnoga ili pločnoga gorja (krupnije četvorine) predstavljaju, doduše, već nešto



Sl. 3 — Razdioba ugaslih i djelatnih vulkana

jače, ali još uvijek samo peneseizmične površine Zemlje. Naprotiv, nasute nizine (točkasta polja na karti) vladaju se prema tomu, kakve tektonske oblike prekrivaju ispod sebe.

Najpoučniji su pak oni predjeli Zemljine površine, koji su na ovoj karti označeni uspravno položenim usporednim pravcima. Tektonski su to područja boranoga gorja, koja ortografski predstavljaju najviše uspone nad razinom mora. Osim toga u otočnom nizu ovih predjela padaju u njihov tok, ujedno i u oceanska dna, usko ali

duboko urezane dugoljaste brazde zvane korita, koje silaze najdublje pod površinu mora. Na taj način u obadva potresna pojasa izlaze razlike nivoa (visina) naskroz veće od 10.000 m, a u krajnjem pojavu, kao kod Filipina i na andskoj obali Južne Amerike, i blizu 14 km. Ali se i obzi-

Sl. 4 — Dio pukotine kod sela Skobelevo na otoku Molovata-Ada na rijeci Marici

rom na mjerenja sile teže ovi seizmični pojasi ističu najvećim poremećajima, dok je na pr. Pacifički ocean, koji je seizmički najmirniji, i gravimetrijski normalan. K svemu pak pridolazi još i činjenica, da su i mediteranski i cirkum-

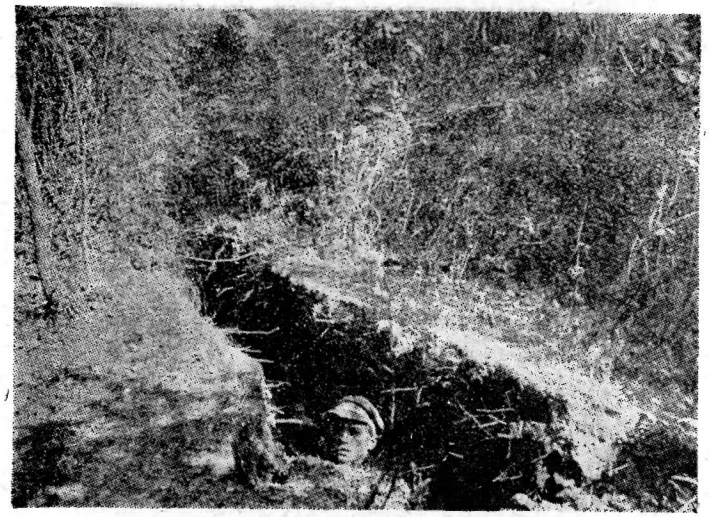
pacifički pojas — kako pokazuje sl. 3 — ujedno područja mjestimice još i sad djelatnih vulkana.

Dakle, iz svega ovoga vidimo, da su potresi u vezi s tektonskim sastavom, i da prema tome njihove uzroke treba tražiti u samoj Zemlji.

Sl. 5 — Krateri duž pukotine kod sela Skobelevo na otoku Molovata-Ada

KAKO NASTAJU POTRESI?

S fizičkoga gledišta, potresi su kratkotrajni i brzo izmjenljivi (kratkoperiodični) elastički titraji krute Zemljine kore izazvani prirodnim silama. Kruto pak tijelo može elastički zatitrati, kad bude prelomljeno ili se raspukne, kad se tare o drugo tijelo i kad dobije udarac. A



Sl. 6 — Na brdu Akbaba pukotina se otvorila u širini od 4 do 5 m

ima li u prirodi ovakvih događaja? Pogledajmo to na nekoliko primjera!

Za katastrofalnog potresa u Južnoj Bugarskoj 14. travnja 1928. zemlja se na jednom predjelu raspuknula na dužini od 62 km, a 12 do 15 km sjeverno od te pukotine protegla se slična pukotina u dužini od 38 km. Jedan dio prve pukotine razdro je otok Molovata-Ada duž glavnog toka rijeke Marice — što prikazuje sl. 4.

Duž prednje pukotine na jednom je mjestu nastao veliki krater (v. sl. 5), a u njegovu grotlu drugi manji krateri od daljih potresa, koji su slijedili iza glavnoga.

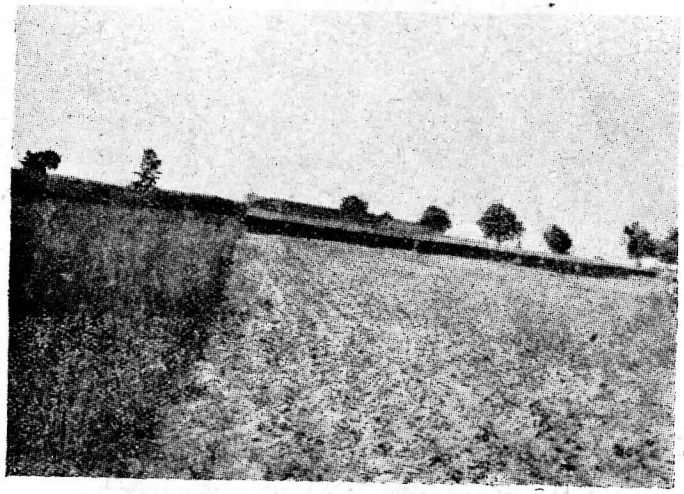
Sl. 7 — Blizu sela Duvandže na brdu Akbabi tlo se na jednoj strani pukotine spustilo za 4 do 5 m

Kod Akbabe ova se pukotina otvorila u širini od 4 do 5 m, a njezina dubina bila je kasnije zasuta odronima pri naknadnim potresima (v. sl. 6).

Kod raspucavanja tlo se uz nastalu lomnu plohu na jednoj strani jedne grane glavne pukotine kod Akbabe spustilo za 4 do 5 m (v. sl. 7).

Spuštajući se k selu Duvandži, glavna je pukotina presjekla šumu i njive i tu se razgranala, a spušteno tlo napunilo se vodom iz rijeke Marice, pa je na tome mjestu nastalo jezero 2 m duboko s obalom 1 do 1,5 m visokom. (Sl. 8, koja prikazuje ovo jezero, snimljena je iz udaljenosti od 2 km.)

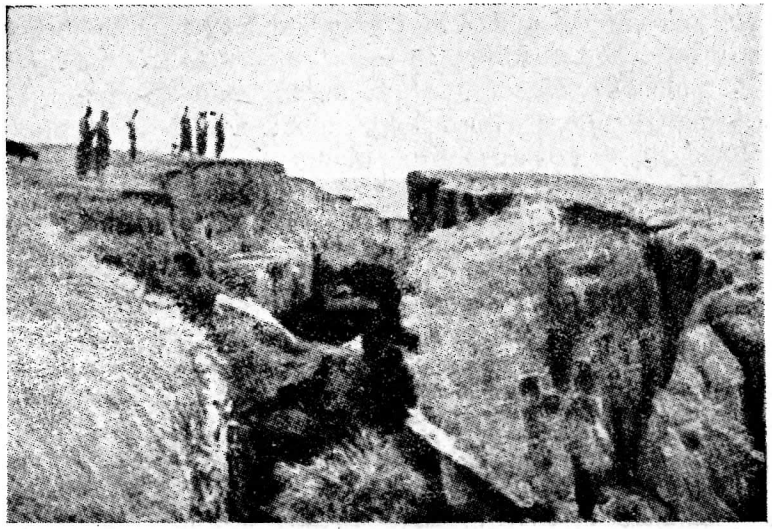
Za katastrofalnog potresa u predjelu Mramornog mora 9. kolovoza 1912., sjeverno od sela Kastamboli na



Sl. 8 — Razgranjena pukotina kod Akbabe formirala je jezero 2 m duboko

sjevero-zapadnom obronku planine Ganos, a sjeveroistočno od Galipolja, zemlja se na dužini od 347 m raspuknula 12 m duboko, a pobočke ove pukotine horizontalno (vodoravno) su se razmaknule za 4 do 6 m široko (v. sl. 9).

Za velikog Tango-potresa u Japanu 7. ožujka 1927. obala se kod Yûhimmata uz Japansko more uzdignula

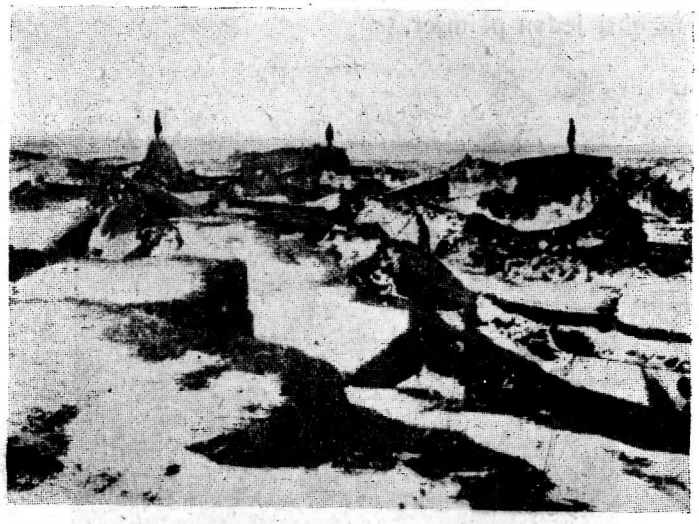


Sl. 9 — Dio pukotine kod sela Kastamboli na galipoljskom poluotoku 1912.

Sl. 10 — Kod Yuhimata u Japanu obala se uzdignula za 80 cm.

80 cm visoko. (Na sl. 10 ovaj se uspon razabira po bijelom rubu unaokolo obale.) Prema tome vidimo, da se tlo ne mora na jednoj strani uz lomnu pukotinu uvijek samo spustiti, nego da se ono uz tu plohu može pojedinim svojim dijelovima ili u cijelosti također i uzdignuti.

Potres pak 4. siječnja 1911. u sjevernom Tienšanu (v. sl. 11) pokazao je osim toga, da katkada ne nastaje



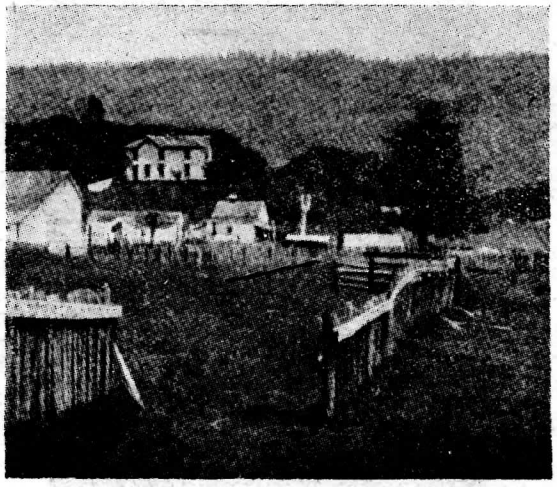
Sl. 11 — Komadanje ploča u sjevernom Tienšanu za potresa 4. siječnja 1911.

samo jedna ili više paralelnih, ali udaljenih pukotina, nego da cijelo tlo može biti i potpuno raskomadano u nepravilno poremećene velike blokove.

Za kalifornijskog potresa 14. travnja 1906., sjeverozapadno od Woodvilla blizu laguna Bolinas, pukotina je presjekla jednu ogradu, po kojoj se moglo razabrati, da se jedan dio tla (prednji dio na sl. 12) duž pukotina hori-

zontalno razmaknuo za 2,6 m. Prema tomu, jasno je, da pukotina ne mora uvijek biti otvorena i na prvi pogled vidljiva, jer se duž lomne plohe ne zbivaju uvijek samo vertikalne denivelacije (promjene visina), nego dijelovi tla mogu biti uz lomnu plohu i horizontalno protusmjerno dislocirani (razmaknuti).

Dakle, prema svemu vidimo, da u prirodi postoji i lom i klizanje s trenjem uz lomnu plohu. A udarac? I za to ćemo dati jedan primjer.



Sl. 12 — Blizu laguna Bolinas tlo se razdužpukotine maknulo za 2.6 m

Velika erupcija vulkana Krakatau od 20. svibnja do 28. kolovoza 1883. završila je formiranjem jednog kratera. Nakon mirovanja od 44 godine 29. prosinca 1927. započela je nova erupcija, koja se izvršila na rubu kratera potonula god. 1883. Od ovih novih erupcija pojavio se novi otok Anak-Krakatau (Potomak Krakataua). Kad su prestale

erupcije pepela, bombi i kamenja, otočić je postao plijenom valova, koji su dolazili kroz Sunda-tjesnac između otoka Sumatre i Jave. U toj igri valova otočić je do god. 1935. četiri puta iščeznuo i opet se pojavio. No za čitavo ovo vrijeme Anak-Krakatau je neprestano rigao, bez

Sl. 13 — Erupcija vulkana Anak-Krakatau 1. svibnja 1933.

obzira, da li je njegov krater virio iznad površine mora ili je bio uronjen ispod nje. Najljepša njegova erupcija čitavog ovog razdoblja odigrala se 1. i 2. svibnja 1933., kada je vatrena materija (kako pokazuje sl. 13) bacana preko 2500 m visoko, a oblak pepela razasuo se 7900 m nadaleko.

Prema Neumannu i Padangu množina izbačena materijala do konca 1936. iznosila je 0,3 km³, a jezero u ždrijelu zapremalo je u kolovozu 1935. površinu od 1,55 km². No Anak-Krakatau je možda jedan od najslabijih pojava ove vrsti. Sam Krakatau izbacio je g. 1883. 18 km³, Katmai g. 1912. 21 km³, Coseguina (Srednja Amerika — Nicaragua) g. 1835. 50 km³, a vulkan Tambora (Sunda otočje) 1815. ravno 150 km³ materijala. A tko će zanijekati, da ovakve eksplozije i izbacivanja vulkanskog materijela nisu dovoljno jaka Zemljinoj kori dati takav udarac, da se ona katkada i dosta osjetljivo može potresti?

Kako dakle nastaju potresi?

Da vulkanske erupcije svojim udarcima u Zemljinu koru mogu izazvati potrese, o tom dakle više ne treba sumnjati. Takvi potresi zovu se ekstruzivni, eruptivni ili *vulkanski* potresi. Njihovo žarište je mjesto eksplozije kao neposredni izvor njihove energije. Jakost im pojedinačno može biti i dosta velika, ali je potreseno područje, radi malene dubine žarišta, uvijek maleno. Osim toga, samo je 7% od svih potresa na Zemlji vulkanskih; dolaze dakle malo u obzir.

No nakon erupcije vulkana na mjestu izbačenog materijala ostaju u unutrašnjosti Zemlje šupljine, čiji su pokrovi izbačeni materijalom još jače opterećeni. Konačno počnu ovi pokrovi pod tim novim teretom s vremenom i pucati, a razlomljeni komadi se otkidaju i ruše, te tako podzemnu šupljinu ponovo zatrpavaju. Pri tom svaki put oni svojim padom uzrokuju nov izvor udaraca u Zemljinu koru izazivajući tako nove slabe i lokalno ograničene potrese.

Osim vulkanskim odnošenjem, podzemne šupljine nastaju i na taj način, što podzemne vode u izvjesnim dubinama ispiraju lako topljive stijene, a produkte otapanja

odnose na drugo mjesto. Ovakvi slučajevi vrše se osobito u kršu, u predjelima kamene soli i sadre (gipsa), u kojima se otapanje proteže u horizontalnoj ravnini; zatim u vapnenjačkom i dolomitnom gorju, koje obiluju špiljama, i u kome otapanja napreduju prema dubini. Samo ovakve šupljine, u kojima kasnije udarci od urušavanja izazivlju potrese, leže još znatno pliće nego vulkanske šupljine, i redovito su malene.

Potresi, izazvani urušavanjem podzemnih šupljina, zovu se r u š e v n i; vrlo su rijetki i lokalno ograničeni, a pripada im samo 3% od svih potresa. Njihovo je žarište vrlo blizu površini Zemlje, potreseno područje kao i potrošak energije, što je daje udarac, vrlo su maleni. Prema tomu, malena je i njihova jakost. Uz epicentar (središte najjače potresenog područja) nastaju katkada uleknuća, ponikve ili pinge, pa doline i pukotine. Osobite primjere ruševnih potresa dali su potresi kod Klane u Istri 1870., te potresi kod Blata i Babinog Polja na otoku Mljetu.

A šta je s preostalih 90% potresa?

Po primjerima smo vidjeli, da kod potresa često puca zemlja, uz već postojeće pukotine nastaju katkada dislokacije (razmještanja), pomicanje terena s promjenama visinskih ili horizontalnih razlika, razmicanje i komadanje čitavih blokova u poremećeni skup ovećih ploča. Spomenuli smo, da krutu Zemljinu koru mogu elastički zatitrati tri mehanička događaja: prelom, trenje pri klizanju na dodirnim plohama kamenja i udarac. No, da ovi događaji mogu doista zatitrati stijenje, mora ono biti: elastično i napeto. Elastično pak tijelo napinju opet tri mehanička događaja: stlačivanje, natezanje i razni načini svijanja.

Kako nastaju ovakvi događaji?

Geografija potresnih žarišta pokazala je, da potresi stoje u najužoj vezi s tektonikom Zemljine kore. No Zemlja

nije ukočena i u sebi negibljiva tvorevina. Ona nije uvijek ni bila onakva, kakvu je danas gledamo, nego se tokom svoje duge prošlosti postepeno razvila do današnjeg stanja. Prije svega, izvjesne sile, koje djeluju u dubokoj unutrašnjosti Zemlje, t. zv. *epirogenetske* sile, proizvele su razliku između kontinenata i oceana. Zatim su *orogenetske* sile nabiranjem oblikovale lance boranoga gorja, pločasto gorje, provalije i pličine te u dno oceana duboko urezane brazde, zvane korita. Osim toga *izostatičke* sile neprestano uspostavljaju ravnotežu između dijelova Zemljine kore, koja se baš u predjelima seizmičkih područja još uvijek i dalje izgrađuje. Potresi i vulkanski pojavi to upravo dokazuju.

Orogeneza (stvaranje gorja) vezana je na velika korita, t. zv. geosinklinale (cirkumpacifičku, mediteransku i mozambičku u Africi), u kojima se sabiraju sedimenti (taložine) među krutim masivima, koji sa strane na njih pritištu, tako da se ovi stalno nalaze pod jakim bočnim tlakom (sa strane). Pri kemijskim se pak preobražajima (na pr. anhidrita u sadru) povećava obujam, zbog čega stjenoviti slojevi dolaze pod jaku napetost, radi čega se oni i nabiraju (svijaju). Slične napetosti u stijenama Zemljine kore izazivaju osim toga i druge razne epirogenetske i orogenetske sile, o kojima ovdje više ne ću govoriti. Ukratko ću samo reći, da u području epirogeneze i orogeneze (dakle u području stvaranja kontinenata i oceana te u području izgrađivanja gorja) još i danas djeluju razne endogeno-terestričke (duboko-podzemne) tektonske sile tlaka i vlaka (stlačivanja i natezanja). Prema tome, dakle, postoje mehanički uvjeti za napinjanje stijenja u Zemljinoj kori. Vjekovnim djelovanjem ovakvih sila, pod kojima se kruto stijenje prilagođuje i deformacijama (izobličenjima), napetosti u kamenju rastu sve više. U času

pak, kad bude prekoračena granica elastičnosti napetog stijenja, ono se na mjestima najveće napetosti raspukne, jedan dio potencijalne energije ove napetosti u tom se trenutku pretvori u kinetičku energiju elastičnih titraja, i u tom trenutku nastane potres.

Promatrano s tog stajališta, može se reći, da potresi sami po sebi uopće i nisu očitovanja nekakvih osobitih samostalnih sila, nego su oni samo mehanički učinci geoloških procesa, koji se vrše u velikim dubinama.

Lomljenjem stijenja nastaje međutim samo 1% od svih potresa. No razlomljeni komadi stijenja počnu sada pod daljim djelovanjem tektonskih sila i sile teže na mjestima najmanjeg otpora puzati duž lomnih ploha, da se vremenom prilagode novom suženom ili proširenom prostoru. Čitavi blokovi stijenja počnu se sada razmještati ili dislocirati. Pri tom se može jedan blok kosom lomnom plohom nad drugi uspinjati ili pod njega potpadati, zatim se blokovi horizontalno razmicati, onda niz vertikalnu pukotinu padati ili se uz nju uzdizati, te konačno pojedini ili čitav sustav blokova horizontalno pomicati.

Trenje, koje pri klizanju uz lomne plohe nastaje na mjestima najmanjega otpora, izazivlje nove potrese. *Dislokacijom* nastaje 85% svih potresa s najvećim potroškom energije. Za kalifornijskog potresa 18. travnja 1906., kada je stradao glavni grad Kalifornije San Francisko, zemlja se mjestimice horizontalno pomaknula za 4½ m duž prolomne linije, koja je bila preko 600 km duga. Računa se, da energija ovog potresa odgovara udarcu, što bi ga proizvela jedna granitska gromada s obujmom od jednog kubičnog kilometra, ili s masom od 2,6 milijardi tona, kad bi sa šest kilometara visine pala na površinu Zemlje. Osobiti oblici dislokacijskih potresa jesu t. zv. *naknadni po-*

tresi zasnovani na elastičkoj histerezi stijenja, zatim *rojevi potresa* i seljenje potresnih žarišta ili *migracija epicentara.*

Preostala 4% potresa dolaze od nabiranja stjenovitih slojeva, ali je njihova energija znatno manja od energije dislokacijskih potresa.

Budući da su i *naborni* i *lomni* kao i *dislokacijski* potresi uvijek izazvani čistim tektonskim silama, to oni zajedno čine skup *tektonskih* potresa.

Prema tome, možemo genetički sastaviti ovakvu sistematiku potresa: 1. najčešći su *tektonski* potresi sa 90%, od kojih su najjači i najobičniji dislokacijski sa 85%, onda naborni sa 4% i lomni potresi sa 1%; 2. *vulkanski* potresi sa 7% kao popratni pojavi vulkanskih erupcija, pri čemu oni vrše podređenu (sekundarnu) ulogu; i 3. *ruševni* potresi sa 3%, koji po množini jakosti i opsegu vrše najpodređeniju ulogu.

POTRESI U JUGOSLAVIJI

Kako Balkanski poluotok pripada mediteranskom potresnom pojasu tako i područje Jugoslavije po svojem geografskom položaju pripada također tome pojasu.

Najstariji podatak o našim potresima potječe iz god. 361., kada je prema kronici u okolici sela Zaške na otoku Pagu pod vodu propalo jedno mjesto, kojega se ruševine nalaze na dnu mora. God. 518. opustošen je i do temelja razrušen grad Skupi sa 24 tvrđave, od kojih su dvije sa svim svojim stanovnicima propale u zemlju, što se raspukla na dužini od neko 45 km do 12 stopa široko. Preživjeli stanovnici osnovali su kasnije 2 km jugoistočno današnji grad Skoplje.

Drugu, najveću od naših katastrofa doživio je Dubrovnik. U razdoblju od god. 367. do 1781. potres ga je nekih 12 puta rušio. Dne 6. travnja 1667. Dubrovnik je sa skoro svim gradovima južne Dalmacije bio i potpuno razoren; tom zgodom poginulo je i više tisuća ljudi.

U prvih 18 stoljeća na našem je Primorju zabilježeno i šest slučajeva seizmičke plime: god. 361. na otoku Pagu, 23. srpnja 367. u Dubrovačkom Primorju, 792. u Sjevernom Primorju, 8. kolovoza 1304. poglavito u Južnom Primorju, i 6. travnja 1667. za dubrovačke katastrofe. Prilikom silnih potresa, koji su 17. prosinca 1750. razorili skoro cijelu Rijeku, valovi plime potopili su blizu grada jedan otočić sa svim njegovim stanovnicima.

Uz ogroman broj potresa različitih jakosti na našem području poznato je i preko 100 potresa vrlo teške naravi. Sam Zagreb, u kojem je unatrag zadnjih 450 godina poznato preko 600 potresa, osobito je teško stradao: 26. ožujka 1502., 15. rujna 1590. i 9. studenoga 1880.

Prema Jelenku Mihajloviću, Jugoslaviju dijelimo u šest seizmičkih područja. Alpsko područje zahvaća slovenske predjele na južnim ograncima Julijskih Alpi; ono ne daje katastrofalnih potresa. Karpatsko-balkansko područje na istočnom dijelu Jugoslavije pokazuje najmanju seizmičku djelatnost. Pindsko-šarsko područje sa štetnim potresima na jugozapadnom dijelu države zapravo je samo malen dio protegnutog pindsko-epirskog pojasa, a osim toga najjači izvori potresa u ovom području nalaze se na predjelu Grčke i Albanije; prema tome izvorno nisu domaćeg podrijetla. Rodopsko područje na jugu države seizmički je vrlo živahno. Katkada stupa i u najjaču djelatnost s mnogobrojnim jakim potresima, od kojih nekoji dosežu i obilježje svjetskih seizmičkih katastrofa, kao na pr. katastrofa Valandova 7. i 8. ožujka 1931. Ali se i

žarišta seizmičkih podražaja rodopskog područja uglavnom nalaze u predjelima starih masa u južnoj Bugarskoj i sjevernoj Grčkoj. Većinom, dakle, ni ovi potresi nisu domaćeg podrijetla.

Seizmički najaktivnija područja Jugoslavije jesu hrvatsko-slavonsko i dinarsko područje; zato ćemo ih ovdje još napose obraditi.

POTRESI U HRVATSKOJ I BOSANSKO-HERCEGOVAČKI POTRESI

Potrese ovih dvaju područja već je god. 1879. počeo istraživati dr. Mijo Kišpatić, profesor mineralogije i petrografije i član odbora za proučavanje potresa, što ga je 1882. bila osnovala Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti u Zagrebu.

Svako od ovih dvaju seizmičkih područja sastavljeno je od nekoliko samostalnih pojasa. Svaki pak od tih pojasa pokazuje svoje seizmičke osobitosti, a svi potresi u njima uvijek proizlaze iz njihovih vlastitih žarišta.

Jedna skupina slabih potresa u Hrvatskoj vezana je za bednjanski gorski lom duž sjevernog obronka Ivančice i Kalnika. Ovaj lom značajno je obilježen i toplim sumpornim vrelom Varaždinskih toplica. Bilo-gora čini poseban potresni pojas.

Gorski pojas mlađeg eruptivnog stijenja protegom Papuka i Krndije (pa poprijeko od Našica prema Kutjevu) predočuje drugi samostalni pojas slabih slavonskih potresa.

Položaju potresnog pojasa u južnom slavonskom području odgovara prodor kristaliničnih škriljevaca i starog kristaliničnog stijenja u Požeškoj gori i Psunju.

Držeći se sjevernih ogranaka staroga Bosanskoga srednjega gorja protegom Motajice i Majevice nalazimo

motajičko-majevički potresni pojas na sjevernoj granici bosanske serpentinske zone (pojasa). Lomom nepravilno poremećenih slojeva na južnoj granici serpentinske zone uz jugozapadnu stranu Kozare obilježen je kozarački potresni pojas, koji se nastavlja sjeverozapadnim smjerom do ispod Zrinske gore.

Niz kiselih izvora u velikoj tercijarnoj kotlini uz sjeveroistočni rub Bosanskog rudogorja obilježuje gorski prolom, iz kojeg proizlaze plitki i slabi bosanski potresi.

Dosta je slabih potresa zabilježeno i u području Istočnoga bosanskoga vapnenjačkoga gorja na granicama između trijaskih i paleozojskih formacija.

Gorski lom uz gornji tok Vrbasá i dalje prema gornjoj Sani, na kojem se sudara mezozojsko gorje Zapadnog bosansko-hercegovačkog krša s paleozojskim tvorevinama Bosanskog rudogorja, izvor je mnogih potresa skopskog potresnog pojasa.

Iz loma, koji smjerom donjeg toka Neretve poprijeko presijeca tok bosanskoga i hercegovačkoga gorja, proizlaze mnogi plitki i slabi hercegovački potresi.

Po dalmatinskom kopnu, počevši od Boke Kotorske i Dubrovnika, pa preko Biokova i Mosora daljim predjelima između Svilaje i Moseć-planine uz Prominu smjerom Bukovice prema Planinskom kanalu, proteže se jedan pojas mnogih i katkada žestokih ili štetnih potresa. Često su za ove potrese vezani i duži nizovi, unutar kojih se potresna žarišta sele duž samog pojasa (migracija epicentara). Ishodišta tih potresa nalaze se u lomu između starijeg taložnog i eruptivnog stijenja te u manjim gorskim lomovima između krede i mlađih naslaga u srednjem dijelu Dalmacije.

Otoci Mljet i Hvar, pa Korčula sa sjeverozapadnim ogrankom poluotoka Pelješca imaju posebna potresna žarišta u lomovima po vlastitim dužinama.

Seljenje (migraciju) potresnih žarišta nalazimo i u vinodolskom potresnom pojasu, koji se proteže već od Klane u Istri preko Novoga do Senja, a obilježen je gorskim poremećajem između slojeva krede i eocena. U sjeverozapadnom smjeru ovaj se pojas nastavlja preko Istre dalje prema Gorici i Gradiški.

Slabi i rijetki potresi u ličkom pojasu uvjetovani su dubokim poremećajima na sjeveroistočnoj strani Velebita, koji se očituju prodorima paleozojskog i starijeg mezozojskog stijenja.

Potresi Gorskoga Kotara proizlaze iz poremećaja paleozojskih i mezozojskih naslaga.

Između Samoborske i Žumberačke gore te Vukomeričkih (Kravarskih) gorica i dalje prema Petrovoj gori kao i u srednjem Pokuplju javljaju se, kojiput, i nešto jači potresi. Budući da ovaj kraj predočuje granicu između bosanskog serpentinskoga, dinarskoga i alpskoga gorskog sustava, to je on u više smjerova razlomljen. No najznačajniji je lom na rubu krša između glavne mase trijasa i krede, koji je nosilac najznačajnijih potresa ovoga kraja.

Poslije Hrvatskog Primorja i Dalmacije najviše i najžešćih potresa daje Zagrebačka gora. Njezine potrese posebno je proučavao profesor zagrebačkog sveučilišta dr. Dragutin Gorjanović. Potresi Zagrebačke gore proizlaze iz pokreta duž loma na njezinoj jugoistočnoj strani, koji je obilježen nizom toplih, kiselih i sumpornih vrela od Podsuseda do Sv. Ivana Zeline. Slične odnose nalazimo i na njezinoj sjeverozapadnoj strani, tako da je Zagrebačka gora unaokolo omeđena dubokim lomovima. Osim ova dva potresna pojasa smjerom od jugozapada prema

sjeveroistoku presijecaju Zagrebačku goru i dva poprečna loma. Jedan, obilježen termalnom pukotinom, na kojoj leže izvori Sutinskih i Stubičkih toplica, pruža se od Gornje Stubice preko Planine prema Kašini. Drugi je onaj, koji je prema sjeveroistoku od Zagrebačke gore odlomio Kalnik.

Moslavina i Srijem seizmički su najmirniji krajevi hrvatsko-slavonskog područja.

* ★

Podzemno geološko žarište poremećaja, iz kojega zbog udarca, loma ili trenja pri klizanju po dodirnoj plohi stijenja izvire energija potresa, zove se hipocentar. Dubine hipocentra mijenjaju se prema načinu postanka potresa. Rezultati prvih istraživanja pokazali su, da se te dubine kreću između 0 i 60 km. To bi značilo, da se područje poremećaja nalazi samo u nehomogenom stijenju kristaliničnog temeljnog gorja Zemljine kore, u kojem su uklopljene i sedimentne stijene. Novija pak istraživanja upućuju i na znatno veće dubine — do nekoliko stotina kilometara. Već je izrađena i geografija dubokih potresnih žarišta, koja, doduše, nije potpuno istovjetna s geografijom plitkih hipocentara, ali je u cjelini vezana za mediteranski i cirkumpacifički potresni pojas. Istraživanja se nastavljaju; čekajmo i njihove konačne zaključke!

SADRŽAJ

	Strana
Japanski potres 1. rujna 1923	3
Kako se pojavljuju potresi	5
Jakost potresa	6
Šta se prije mislilo o potresima	9
Seizmologija ili nauka o potresima	11
Geografija potresnih žarišta ili seizmografija	12
Potresi i tektonski sastav zemlje	16
Kako nastaju potresi?	21
Potresi u Jugoslaviji	32
Potresi u Hrvatskoj i bosansko-hercegovački potresi	34

Uređuje *Redakcioni odbor „Prirode"*
Korektori *Vladimir Kovačić, Petar Giunio*

Rkp. 149. — 2 i pol tiskana arka
Naklada 5.000 primjeraka
Predano u proizvodnju 15. VI. 1946.
Složeno i tiskano u Tiskari Nakladnog
zavoda Hrvatske, Zagreb.
Frankopanska ul. 26

Cijena knjizi 8·— Din, odobrena od
Zemaljskog ureda za cijene pri
Predsjedništvu vlade NRH-e pod br. 15961
od 6. VIII. 1946.